

Konwerter USB<->IDE

AVT-5096



PROJEKT
Z OKŁADKI

Czasami użytkownicy komputerów znajdują się w sytuacji, gdy muszą „w terenie” przegrać z komputera większą ilość danych, ale nie mogą tego zrobić przede wszystkim dlatego, że PC jest zamknięty mechanicznie i dostanie się do środka wymaga posiadania narzędzi, no i zgody właściciela.

Rekomendacje: konwerter prezentowany w artykule pozwala rozwiązać problem dołączenia dysku twardego lub CD-ROM-u do interfejsu USB dowolnego komputera.

Dzięki niemu uzyskujemy możliwość realizacji prawdziwego Plug-n-Play, niemożliwego do uzyskania np. za pomocą „kieszeni” na HDD.



rolę konwertera sygnałów między portem USB komputera a dowolnym dyskiem twardym, CD-ROM-em lub nagrywarką.

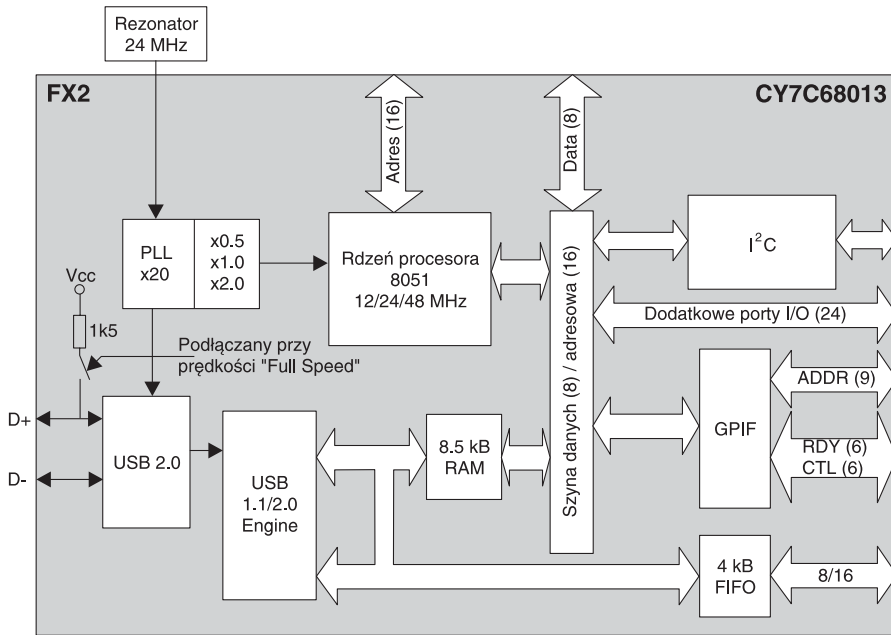
Podstawowe parametry konwertera są następujące: współpraca z interfejsami USB w każdej wersji (łącznie z 2.0), przy czym stosowanie starszych wersji (1.x) ogranicza maksymalną przepustowość łącza i nie pozwala na wykorzystanie w pełni możliwości dysku twardego, umożliwia także obsługę napędów zgodnych z ATAPI, tj. nagrywarek, odtwarzaczy DVD czy napędów ZIP.

Skrótowy opis magistrali USB był zamieszczony w EP9/2002, przy okazji opisu konwertera USB<->RS232. Czytelnikom szczególnie zainteresowanym tematyką USB polecam stronę www.usb.org lub ściągnięcie specyfikacji USB ze strony internetowej EP (http://www.ep.com.pl/ftp/usb_doc.exe). Także na płycie CD-EP1/2003B znajdują się w miarę wyczerpujące informacje na temat tej magistrali.

Oprócz kłopotów z narzędziami, jakie trzeba ze sobą nosić, aby dołączyć się do kontrolera dysków, niebagatelny jest także często praktykowany zwyczaj plombowania komputerów przez producentów - w takiej sytuacji próba dostania się do środka spowoduje zerwanie umowy gwarancyjnej.

Co zatem zrobić? Można kupić nagrywarkę lub dysk twardy ze złączem USB, lecz nie sądzę, aby było to najtańsze i najlepsze (zwłaszcza dla elektronika) rozwiązanie.

W artykule postaram się przedstawić prosty interfejs spełniający



Rys. 1. Schemat blokowy układu CY7C68013

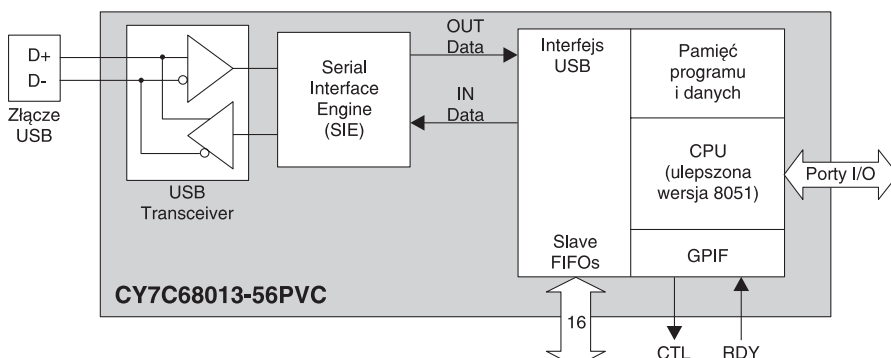
Opis standardu IDE oraz ATAPI był zamieszczony w *Elektronice Praktycznej* w numerach 7-8/2002.

Specjalizowany interfejs scalony

Sercem konwertera jest układ scalony firmy Cypress CY7C68013. Jego schemat blokowy przedstawiono na **rys. 1**. Układ jest produkowany w trzech wersjach różniących się między innymi liczbą dostępnych linii portów I/O, a co za tym idzie również obudową. Układ CY7C68013-56PVC jest montowany w obudowie typu SSOP56 (o wymiarach 8x18x2,3 mm) i zawiera: trzy ośmiobitowe porty I/O, szynę kompatybilną ze standardem I²C, 8- lub 16-bitowy interfejs GPIF z pięcioma niemultipleksowanymi sygnałami kontrolnymi, 8- lub 16-bajtową pamięć FIFO z czterema niemultipleksowanymi sygnałami

sterującymi oraz pięcioma multipleksowanymi sygnałami (także sterującymi). Układ montowany w obudowie TQFP100 zawiera dodatkowo jeszcze dwa ośmiobitowe porty I/O, siedem dodatkowych sygnałów kontrolnych (CTL) i gotowości (RDY) dla interfejsu GPIF, dziewięć niemultipleksowanych sygnałów układów peryferyjnych (dwa USART, trzy wejścia timerów oraz wejścia przerwań INT4 i INT5), osiem dodatkowych sygnałów kontrolnych, dziewięć linii adresowych interfejsu GPIF oraz sygnały RD i WR. Najbardziej rozbudowany układ CY7C68013 mieści się w obudowie typu TQFP128 i zawiera w porównaniu z poprzednim dodatkowo 16-bitową (8051) szynę adresową, 8-bitową (8051) szynę danych oraz szynę z sygnałami kontrolnymi.

W konwerterze wykorzystałem najmniejszy układ z tej rodziny,



Rys. 2. Schemat blokowy układu CY7C68013-56PVC

tj. CY7C68013-56PVC. Jego schemat blokowy przedstawiono na **rys. 2**.

Układ może pracować z dwiema prędkościami przesyłania danych: *Full Speed* (12 Mb/s) oraz *High Speed* (480 Mb/s). Jak przedstawiono na **rys. 2**, układ zawiera rdzeń procesora z rodziny 8051. Jest to mocno ulepszona wersja 8051. Procesor ten jest standardowo taktowany sygnałem zegarowym o częstotliwości aż 48 MHz. Częstotliwość sygnału jest ustalana przez wbudowaną w układ pętlę PLL.

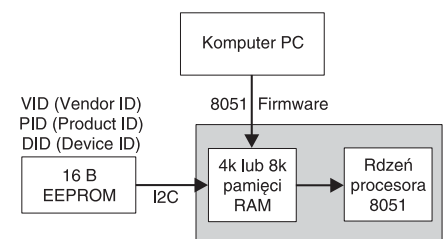
Procesory zintegrowane w układach z rodziny FX2 są konfigurowane za pomocą programów przechowywanych w zewnętrznej, szeregowej pamięci typu EEPROM. Ładowanie tego programu do pamięci programu mikrokontrolera odbywa się automatycznie po włączeniu zasilania.

Możliwe są cztery przypadki obecności/nieobecności pamięci zewnętrznej:

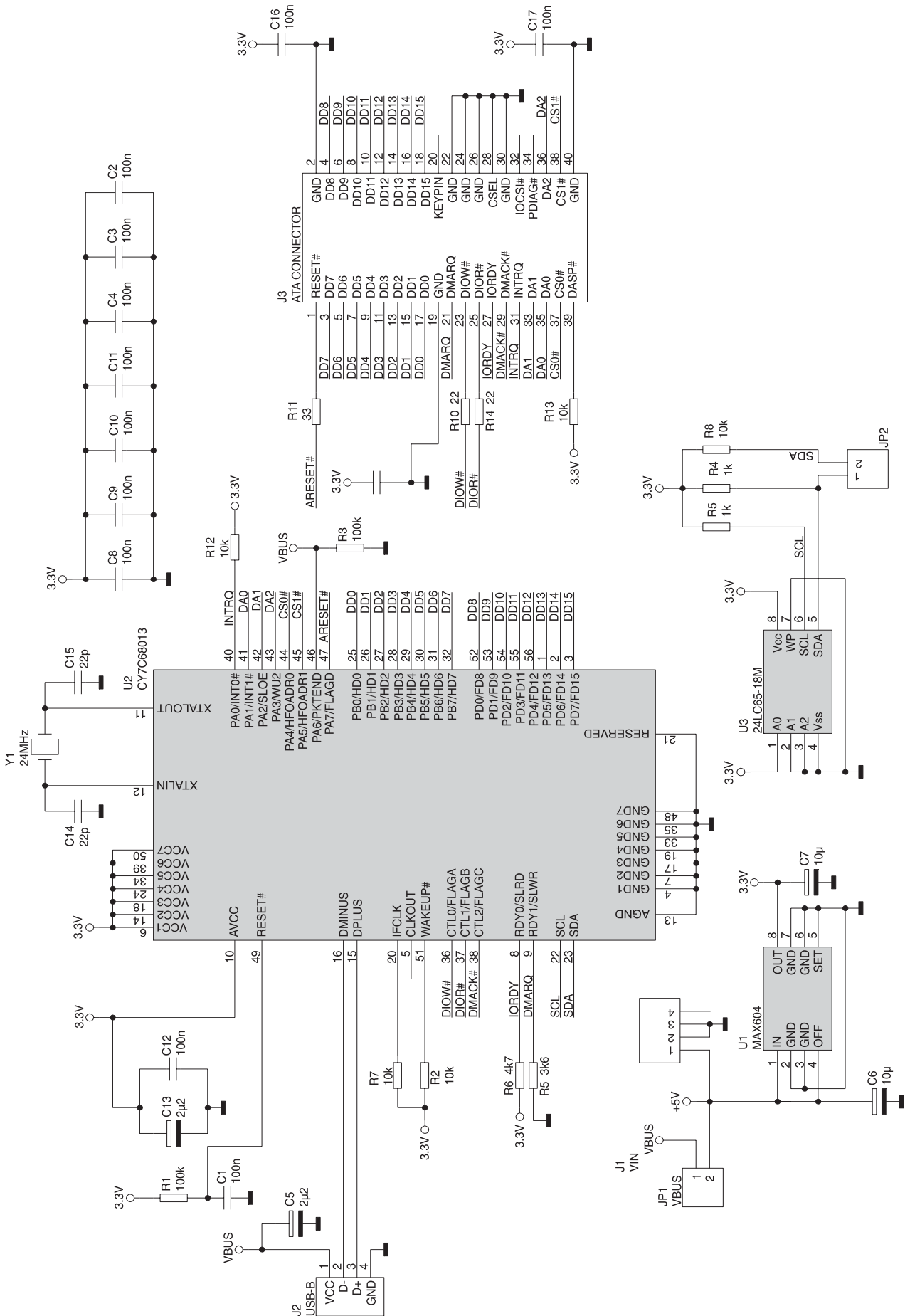
1. *Brak pamięci EEPROM dołączonej do układu.* W tym przypadku enumeracja jest przeprowadzana dla standardowego urządzenia USB, z zawartymi fabrycznie w każdym układzie deskryptorami o następujących wartościach: VID=0x04B4 (Cypress Semiconductor), PID=0x8613 (EZ-USB FX2), DID=0xxxxxy (Revision (dla Rev. E=0x04)). W tym przypadku bit RENUM (odpowiedzialny za renumerację) przyjmuje wartość 0.

2. *Pamięć EEPROM jest dołączona do układu FX2 za pomocą linii szeregowych SCL i SDA* oraz zawiera tylko deskryptory VID/PID/DID, które są przydzielane konwerterowi. Podobnie jak w powyższym przypadku, bit RENUM = 0.

3. *Pamięć EEPROM zawiera firmware.* Jest on automatycznie ładowany do wewnętrznej pamięci



Rys. 3. Program dla mikrokontrolera znajduje się w zewnętrznej pamięci EEPROM



Rys. 4. Schemat elektryczny konwertera

ci układu CY7C68013. Pamięć ta ma pojemność 8 kB o adresach 0x0000 - 0x1FFF oraz 512 B (0xE000 - 0xE1FF). Po tej operacji następuje zerowanie urządzenia. Deskryptory VID/PID/DID są zawarte w firmwarze. Bit RENUM automatycznie przyjmuje wartość 1.

Uwaga! Pierwszy bajt pamięci EEPROM musi zawierać wartość 0xC2. Loader jest uruchamiany zawsze z wewnętrznej pamięci RAM.

4. W przypadku użycia największego i najbardziej rozbudowanego układu z rodziny FX2 (w obudowie ze 128 wyprowadzeniami) możemy zastosować, oczywiście oprócz pamięci EEPROM, również pamięć typu EPROM lub Flash, podłączając je do szyny adresowej/danych. Bit RENUM = 1. Deskryptory VID/DID/PID, podobnie jak w pkt. 3, są zawarte w firmwarze.

Sygnal danych magistrali USB jest podawany poprzez linie D+ i D- na wejścia transceivera USB, który jest integralną częścią układu CY7C68013. Zgodnie ze standardem USB, po podłączeniu interfejsu do komputera zainstalowany na nim system operacyjny musi przeprowadzić enumerację.

Renumeracja - czyli oszukiwanie komputera

Program przechowywany jest w pamięci EEPROM (u nas 24LC65 - rys. 3) i musi zostać każdorazowo załadowany do CY7C68013 po podłączeniu go do portu USB (z jednoczesnym włączeniem zasilania). Ponieważ komputer przeprowadzi enumerację zaraz po podłączeniu urządzenia do USB, a nie jest możliwe wykonanie tej czynności ponownie, dlatego pojawia się potrzeba renumeracji. Proces ten, wymyślony przez firmę Cypress, polega właśnie na „oszukiwaniu” komputera i zmuszeniu go do przeprowadzenia ponownej enumeracji. Operacja ta przebiega następująco:

1. Host (komputer) wysyła pytanie o deskryptor dołączonego urządzenia (*Get Descriptor-Device*) pod zerowy adres (dołączone urządzenie musi odpowiedzieć).

2. Urządzenie w odpowiedzi wysyła swój identyfikator (ID).

3. Host wysyła żądanie ustalenia adresu (*Set Address*) i od

tego momentu urządzenie odbierać będzie dane tylko z tym adresem.

4. Host wysyła żądanie (*Get Descriptor*), pytając o dodatkowe informacje, takie jak liczba punktów końcowych, zapotrzebowanie na prąd, przepustowość, sterowniki do załadowania itp.

Od tego momentu rozpoczyna się renumeracja:

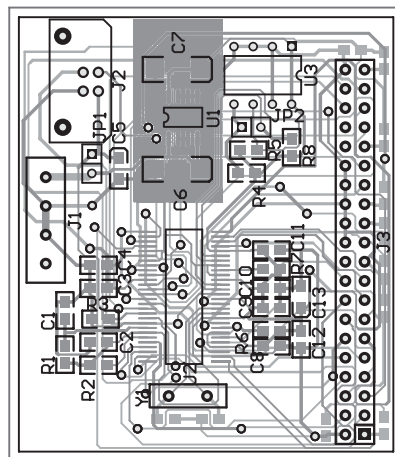
5. Host uruchamia *loader*, dzięki któremu program z pamięci EEPROM jest ładowany do układu CY7C68013.

6. Wymuszenie renumeracji, co odbywa się przez symulowane odłączenie i ponownie podłączenie urządzenia do hosta.

7. System operacyjny zainstalowany na komputerze zaczyna ponownie procedurę enumeracji (punkty 1 - 4).

Ładowanie firmware'u

Renumeracja jest używana między innymi do skopiowania nowego firmware'u z hosta (komputera) do nieulotnej pamięci współpracującej z układem CY7C68013. Przed renumeracją system operacyjny komputera używa do komunikacji z układem domyślnych sterowników. W momencie podłączenia HDD (lub innego urządzenia), układ identyfikuje je jako urządzenie klienta (*custom device*). Następnie są ładowane wyspecjalizowane sterowniki umożliwiające skopiowanie firmware'u. Następuje proces renumeracji, podczas którego urządzenie jest identyfikowane jako dołączony napęd (tzn. jako HDD, CD-ROM, ZIP,...), co wymusza załadowanie kolejnych



Rys. 5. Rozmieszczenie elementów na górnej stronie płytki drukowanej

Tab. 1. Konfiguracja linii adresowych US3 w zależności od pojemności pamięci

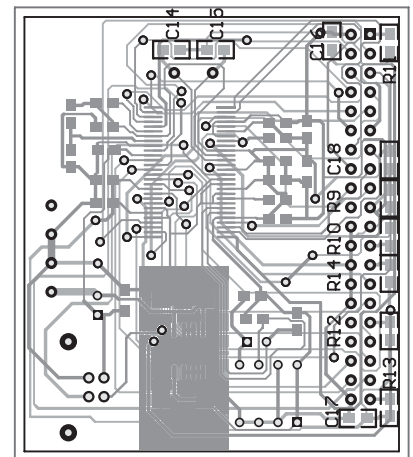
Wielkość pamięci (bity)	A2	A1	A0
16	--	--	--
128	0	0	0
256	0	0	0
4k	0	0	1
8k	0	0	1

sterowników, odpowiednich dla danego napędu.

Budowa układu

Konwerter, którego schemat przedstawiono na rys. 3, zbudowano w oparciu o nieco zmodyfikowaną wersję standardowej aplikacji firmowej układu CY7C68013. Zastosowanie wyspecjalizowanego układu pozwoliło radykalnie uprościć budowę interfejsu.

Układ może być zasilany bezpośrednio z portu USB (wtedy zworka JP1 musi być zwarta) lub z oddzielnego zasilacza (wtedy zworka JP1 musi być rozwarta, a do złącza J1 należy doprowadzić napięcie stałe o wartości 5 V). Pobór prądu w obydwu przypadkach nie przekracza 100 mA. Zworka JP2 łączy pamięć z układem CY7C68013. Do połączenia komputera z przejściówką wskazane jest zastosowanie kabla ekranowanego. Rezonator kwarcowy Y1 powinien mieć w miarę możliwości jak najlepsze parametry (jego częstotliwość rezonansowa jest mnożona dwadzieścia razy!). Elementy R1 oraz C1 są odpowiedzialne za niezawodne zerowanie po włączeniu zasilania.



Rys. 6. Rozmieszczenie elementów na dolnej stronie płytki drukowanej



Rys. 7. Widok okna programu EZ-USB Control Panel z wpisanymi zalecanymi wartościami parametrów

nia. Układ U1 (MAX608) jest specjalizowanym stabilizatorem, mogącym pracować przy niewielkiej różnicy napięć między wejściem i wyjściem (LDO - *Low Drop Out*). Na płytce drukowanej, wokół tego układu znajdują się dwa (po jednym z każdej strony) pola miedzi, mające ułatwić odprowadzanie ciepła ze stabilizatora. Pamięć US3, w zależności od pojemności, skonfigurowana jest zgodnie z tab. 1.

Inne możliwości zastosowania układu CY768013

Układy z serii FX2 firmy Cypress są bardzo elastyczne i można je wykorzystać w wielu urządzeniach. Pierwszym pomysłem, jaki przyszedł mi do głowy po zapoznaniu się z notą katalogową tych układów, był odtwarzacz plików MP3 z interfejsem USB. Pomyślmy tylko, jaką prędkość przegrywania plików (przy zastosowaniu USB 2.0) i wygodę użytkownika możemy uzyskać. Innym, równie ciekawym pomysłem, jest autonomiczna stacja pomiarowa z zapisem danych na

dysk twardy. Do rejestracji temperatury w domu to ona może się nie przydać, ale w zakładach przemysłowych, gdzie trzeba nie tyle monitorować, co rejestrować zmiany wielu parametrów, przyda się znakomicie. Już te dwa przykłady dowodzą, iż układy FX2 są naprawdę bardzo wszechstronne i można je zastosować niemal wszędzie.

Montaż i uruchomienie

Układ zamontowano na stosunkowo małej (60x52 mm), dwustronnej płytce drukowanej, której schemat montażowy przedstawiono na rys. 5 i 6. Tak małe wymiary płytki udało się uzyskać dzięki zastosowaniu wyspecjalizowanego układu oraz elementów do montażu powierzchniowego.

Montaż najlepiej jest rozpocząć od układu U2 (CY7C68013). Przyłutowanie układu mającego 56

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

- R1, R3: 100kΩ 0805
- R2, R7, R8, R12, R13: 10kΩ 0805
- R4, R5: 1kΩ 0805
- R6: 4,7kΩ 0805
- R10, R14: 22Ω 0805
- R11: 33Ω 0805

Kondensatory

- C1...C4, C8...C12, C16, C17, C18: 100nF 0805
- C5, C13: 2,2μF/16V 3216
- C6, C7: 10μF/16V MELF1
- C14, C15: 22pF 0805

Półprzewodniki

- U1: MAX604CSA
- U2: CY7C68013-56PVC
- U3: 24LC65

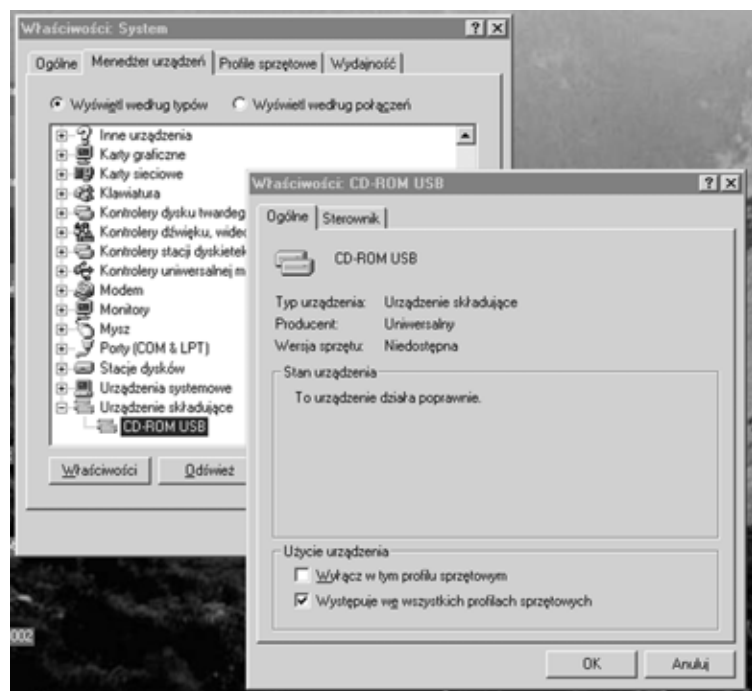
Różne

- Y1: rezonator kwarcowy 24 MHz
- JP1, JP2: goldpin 2x1
- J1: goldpin 1x4 (raster 2 mm)
- J2: złącze USB-B do druku
- J3: złącze 2x20 (IDE)

wyprowadzeń i mieszczącego się w obudowie typu SSOP nie jest łatwe, ale nie jest także niemożliwe. Montaż należy rozpocząć od umieszczenia go na polach lutowniczych, a następnie przylutowaniu (oczywiście za pomocą cienkiego grota) skrajnych wyprowa-



Rys. 8. Widok okna właściwości sprzętu dla sterownika USB MassStorage Device



Rys. 9. Widok okna menadżera sprzętu po dołączeniu interfejsu do portu USB

dzeń. Do przylutowania pozostałych 52 nóżek tego układu będzie potrzeba nieco cierpliwości i czasu. Naprawdę nie warto się spieszyć. Po zamontowaniu U2 jeszcze raz sprawdzamy, czy nie zrobiliśmy zwarc i przystępujemy do montażu innych elementów. Teraz możemy zamontować rezystory i kondensatory 100 nF. Następnie układ U1 (MAX604). Na końcu montujemy kondensatory elektrolityczne, podstawkę pod pamięć (IC3) oraz złącza USB (J2) i IDE (J3).

Do uruchomienia interfejsu będzie potrzebny: kabel USB A<->B, napęd CD-ROM lub (i) HDD do sprawdzenia poprawności przesyłania danych oraz program EZ-USB (zamieszczamy go na płycie CD-EP1/2003B).

Ładowanie programu do zainstalowanej nieulotnej pamięci sprowadza się do kilku prostych czynności. Przy wyłączonym układzie należy zdjąć zworkę JP2 oraz zamontować JP1. Następnie należy

podłączyć kabel USB i ponownie zamontować zworkę JP2. Teraz uruchamiamy program *ezmr.exe* i klikamy przycisk *Download*. Do załadowania wybieramy plik *examples\fx2\vend_ax\vend_ax.hex*. Wprowadzamy wartości jak pokazano na **rys. 7** (Req 0xA9, Value 0x0000, Index 0xBEEF, Length 1, Dir 0-OUT, Hex Bytes FF).

Następnie klikamy przycisk *vendReq*. Odłączamy i ponownie załączamy zasilanie (co wymaga zdjęcia i ponownego zamontowania JP1, można też wyjąć i ponownie włożyć wtyczkę do portu USB). Naciskamy przycisk *EEP-ROM* i wybieramy plik *fx2_ata.iic*. Czas ładowania go do pamięci EEPROM wynosi około dwóch minut. Następnie odłączamy zasilanie układu oraz kabel USB. Do interfejsu podłączamy dysk twardej lub napęd CD-ROM (z własnym zasilaniem!), a następnie za pomocą kabla USB dołączamy interfejs do komputera. System Windows powinien wykryć kon-

werter jako USB *Mass Storage Device* (**rys. 8**).

Po podłączeniu CD-ROM-u mamy sprawnie działające urządzenie składujące, co można zobaczyć na **rys. 9**.

Piotr Klepacz

Program EZ-USB oraz dokumentację do układów serii FX publikujemy na płycie CD-EP1/2003B. Można ją także ściągnąć ze strony firmy Cypress: http://www.cypress.com/cfuploads/support/developer_kits/ez_usb-devtools.zip (wielkość: 62 MB).

Najnowsze sterowniki dostępne są na stronie Cypressa www.cypress.com.

Wiele cennych informacji o USB, znajduje się pod adresem www.usb.org.

Wzory płytek drukowanych w formacie PDF są dostępne w Internecie pod adresem: <http://www.ep.com.pl/?pdf/styczen03.htm> oraz na płycie CD-EP1/2003B w katalogu PCB.